

A)

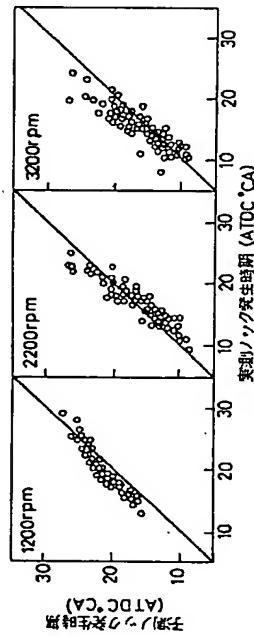
COMBUSTION CONTROL DEVICE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Patent number: JP7332149
Publication date: 1995-12-22
Inventor: NAKANO MICHITAKA; others: 01
Applicant: TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC
Classification:
 - international: F02D45/00; F02D41/22; F02M25/07
 - european:
Application number: JP19940150496 19940607
Priority number(s):

Abstract of JP7332149

PURPOSE: To provide a combustion control device for internal combustion engine, which can predict generation of knocking properly and judge properly the conditions which give the highest efficiency in all possible operating conditions.

CONSTITUTION: A combustion control device for internal combustion engine includes an operating condition sensing means 1 to sense the operating condition of the internal combustion engine and a knocking timing predicting means 7 which analyzes the self-ignition reaction process of the uncombusted gas upon assumption of a diabatic compression and a uniform mixture gas using the output values of the means 1 and an intra-cylinder pressure sensing means 3. The arrangement further includes a comparing means 8 and a control means 9, wherein the means 8 performs the comparative calculation of the predicted value of the knocking generating timing given by the predicting means 7 and at least one of the actual measurements of the means 1 and means 3 while the control means 9 controls the internal combustion engine properly using the output value of the comparing means 8, and therewith the combustion control of the internal combustion engine is achieved effectively and properly.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-332149

(43)公開日 平成7年(1995)12月22日

(51)Int.Cl.^o
F 02 D 45/00
41/22
F 02 M 25/07

識別記号 368 A
345 B
301 B
550 E

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3 FD (全12頁)

(21)出願番号

特願平6-150496

(22)出願日

平成6年(1994)6月7日

(71)出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

(72)発明者 中野 道王

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 仲原 彰治

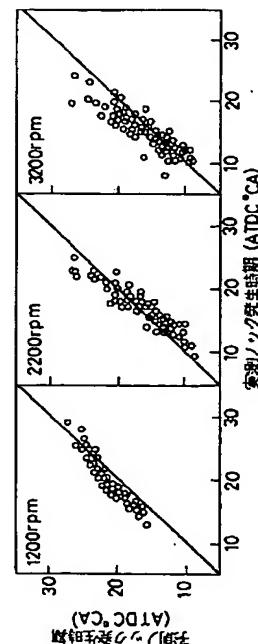
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(54)【発明の名称】 内燃機関の燃焼制御装置

(57)【要約】

【目的】 ノッキングの発生を的確に予測することができ、あらゆる運転条件において、最も高い効率が得られる条件を適正に判断し得る内燃機関の燃焼制御装置を提供することにある。

【構成】 内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段1と、前記運転状態検出手段1、気筒内圧力検出手段3の各出力値を用いて内燃機関の断熱圧縮、均一混合気を仮定して未燃ガスの自着火反応過程を解析するノッキング発生時期予測手段7と、運転状態検出手段1、気筒内圧力検出手段3の少なくとも一の実測値とノッキング発生時期予測手段7からのノッキング発生時期の予測値を比較演算する比較手段8と、比較手段8からの出力値を用いて内燃機関を適正に制御する制御手段9からなり、内燃機関の燃焼制御を効率良く的確に実現する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関において、内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段と、気筒内圧力を検出する気筒内圧力検出手段と、前記運転状態検出手段、気筒内圧力検出手段の各出力値を用いて内燃機関の断熱圧縮、均一混合気を仮定して未燃ガスの自着火反応過程を解析するノッキング発生時期予測手段と、前記運転状態検出手段、気筒内圧力検出手段の少なくとも一の実測値とノッキング発生時期予測手段からのノッキング発生時期の予測値を比較演算する比較手段と、該比較手段からの出力値を用いて内燃機関を適正に制御する制御手段とから成ることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項2】 内燃機関において、内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段と、該運転状態検出手段の出力値を基に内燃機関の制御条件を仮定する制御条件仮定手段と、気筒内圧力を検出する気筒内圧力検出手段と、該気筒内圧力検出手段からの出力値を基に気筒内圧力を仮定する気筒内圧力仮定手段と、前記気筒内圧力検出手段の出力値および前記気筒内圧力仮定手段の出力値からトルクを算出するトルク計算手段と、前記運転状態検出手段、制御条件変更手段、気筒内圧力検出手段、気筒内圧力仮定手段の各出力値を用いて内燃機関の断熱圧縮、均一混合気を仮定して未燃ガスの自着火反応過程を解析するノッキング発生時期予測手段と、前記運転状態検出手段、気筒内圧力検出手段からの出力値、ノッキング発生時期予測手段からのノッキング発生時期の予測値、トルク計算手段からの出力値を比較演算する比較手段と、該比較手段からの出力値を用いて高効率用適正条件を割り出し内燃機関を制御する割り出し手段と、該割り出し手段の出力値に従い内燃機関の制御条件を変更する制御手段とから成ることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項3】 内燃機関において、内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段と、気筒内圧力を検出する気筒内圧力検出手段と、内燃機関のノッキングを検出するノッキング検出手段と、前記運転状態検出手段、気筒内圧力検出手段の各出力値を用いて内燃機関の断熱圧縮、均一混合気を仮定して未燃ガスの自着火反応過程を解析するノッキング発生時期予測手段と、前記ノッキング検出手段からのノッキング発生時期の実測値と該ノッキング発生時期予測手段からのノッキング発生時期の予測値を比較演算する比較手段と、前記ノッキング発生時期の実測値と予測値の不一致に基づき仮定のEGR量の修正をノッキング発生時期予測手段に施すEGR量の仮定手段とから成り前記ノッキング発生時期の実測値と予測値の一致整合に基づきEGR量を算出するEGR量推定手段とから成ることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

2

【産業上の利用分野】本発明は、ノッキングの発生を確実に予測することができ、またEGR量（残留ガス、外部EGR等）を精度良く把握することができる内燃機関の燃焼制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】内燃機関の燃焼において生ずるノッキングは、金属的打音を発し乗員に不快感を与えるだけでなく、放置すればエンジンを損傷に至らせるため、これを回避することは極めて重要である。ノッキングは、エンジン性能において高出力・高効率を得ようとするがために気筒内圧力が上昇して発生するものである。このため、ノッキングを回避しつつ出力、効率を低下させないことが内燃機関の性能上極めて重要となる。しかし、従来のノックセンサー等によるノッキング回避の制御手法（特開平1-301945等）は、ノッキングの発生を検知しなければ制御を開始できない。また、気筒内圧力情報に基づきノッキングの発生を予測する手法（特開平1-301946等）では、燃焼の初期状態からノッキングの発生を予測することはできるが、そのサイクルではノッキングが発生するという実用上解決すべき問題がある。

【0003】そして、これらの従来技術の本質的な问题是、どの様な制御を行うとノッキングが発生するかを事前に予測できることである。そのため、ノッキングの発生を検知または予測しても、点火時期を遅らせるなど、ほとんどの場合で効率低下を招く制御を行わざるを得ない。これら従来技術では、種々の運転条件において、ノッキングを発生させずに高効率な運転が可能となる制御条件を予測し制御することはできなかった。

【0004】一方、従来の火花点火機関において、EGR量（残留ガス、外部EGR等）の計測には気筒内サンプリングを用いることが多い。しかし、最近では多バルブ化によりエンジンヘッドにサンプリング弁を取り付ける十分なスペースがなかったり、長いパイプを介してガス採取を行わなければならないなど、サンプリングによる計測は容易ではない。また、現状としてはサンプリングしたガスの成分分析装置を含めると車載は不可能である。近年の低燃費、低エミッション達成のために、EGR量を積極的に制御、利用する必要があり、そのためにも簡便で車載可能なEGR計測手法の出現が望まれている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来、未燃混合気の自着火反応過程を解くことで、ノッキングの発生時期を予測しようとする試み（SAEpaper922324等）や、これらをエンジンサイクルシミュレーションに組み合わせたプログラム（AIMSIM, United Kingdom Atomic Energy Authority）が見られるが、これらの検証および予測精度の信頼性、正確性等の不足により実用的なノッキングの解析手法の確立並びに応用がなされていないのが現状である。

【0006】そこで、本発明者等は鋭意研究して独自に

50

最適化したノッキングの発生時期予測手段と列型エンジンの幾多の実験より、未燃混合気の自着火反応過程を解析することで、燃料組成・スワール・残留ガス・回転数等に関わらずノッキング発生時期を予測できることを究明した。そして、該ノッキング発生時期予測手段を用いて、ノッキングを発生させずに高効率な運転を行うための燃焼制御装置やEGR量等を判別する本発明の内燃機関の燃焼制御装置を案出した。

【0007】詳述すれば、本発明者等は、数次の実験・解析により、ノッキングの発生時期を支配する物理的・化学的な主要因を明らかにした。これを基に、種々の内燃機関における運転条件および気筒内圧力データと、該運転条件および該気筒内圧力データになんらかの変更を施した条件に対して、ノッキングの発生とトルクを同時に計算することでノッキングを発生させずに得られる最大トルクや高出力化の指針を求め、これを内燃機関のノッキング特性の診断およびエンジンの適正制御に実施できることを確認した。

【0008】かかるノッキング発生時期予測手段は、図1、図2に示すように、クランク角に対する気筒内圧力および演算開始クランク角の気筒内ガス温度（初期温度）を入力とし、その後、気筒内ガス温度は気筒内圧力の変化に伴ない断熱圧縮されると仮定し、気筒内ガスの温度・組成は空間的に均一と仮定し、残留ガスは化学的に不活性であると仮定したエネルギー方程式（数1）のもとで、燃料混合気体の自着火反応過程を表現できる自着火反応モデルを解き、計算される気筒内ガス温度が1200K以上に達した時点をノッキング発生時期とするものである。

【0009】

【数1】

$$\frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{\dot{T}}{T} = \frac{\dot{P}}{P} + \frac{\dot{Q}}{RT}$$

【0010】なお、数1中 γ : 比熱比、 R : ガス定数、 Q : 反応発熱量、 T : 未燃ガス

● : 時間微分をそれぞれ表す。

【0011】そして、該ノッキング発生時期予測手段はこれを列型エンジンに適用し、該ノッキング発生時期予測手段の予測精度を確認した結果を図3、図4にそれぞれ示す。図3、図4に示すように、回転数・燃料組成等に関わらず、本ノッキング発生時期予測手段による予測するノック発生時期は、実測のノック発生時期と極めて良く一致する。

【0012】すなわち、ノッキングの発生時期を支配する物理的・化学的な主要因は、本ノッキング発生時期予測手段に用いた仮定し、つまり、ノッキングを発生する未燃ガスの自着火過程では、気筒内ガス温度は気筒内圧力の変化にともない断熱圧縮されるとした仮定し、また気筒内ガスの温度・組成は空間的に均一とした仮定し、

さらには残留ガスは化学的に不活性とした仮定および燃料混合気体の自着火反応モデルに含まれていることとなる。そして、本発明者等は、上述のノッキング発生時期予測手段を用いてノッキングを発生させずに高効率で適正な運転を実現し得る条件を算出しエンジンを適正制御し得る燃焼制御装置を案出した。

【0013】また、本発明者等は、エンジンを軽いノッキング発生条件で運転し、その時のノッキング発生時期をノッキング発生時期予測計算で的確に再現できるよう EGR量を仮定することで、気筒内のEGR量を確実に推定できることを確認した。すなわち、ノッキング発生時期予測計算では、吸入空気量、燃料供給量、EGR量を気筒内ガス量として、気体の状態方程式から計算開始温度を求めている。計算される予測ノッキング発生時期は計算開始温度に対する感度が極めて高い。そこで、ノッキングの発生条件で吸入空気量、燃料供給量、EGR量を正確に測定し、実測のノッキング発生時期と予測するノッキング発生時期とが一致するEGR量を繰り返し計算により探すことで、EGR量を推定する事が可能となる。なお、残留ガス量（内部EGRとも呼ぶ）を体積効率で表わすと、残留ガス割合は点火進角にほとんど依存しないことは確認済みである。また、吸入空気量、燃料供給量（空燃比から求めることも可能である）、気筒内圧力、ノッキング発生時期の実測は、従来の技術で十分に対応可能であり、従来の気筒内サンプリングに比べて、極めて容易で実用的である。

【0014】本発明の目的は、ノッキングの発生を的確に予測することができ、あらゆる運転条件において、最も高い効率が得られる条件を適正に判断し得る内燃機関の燃焼制御装置を提供することにある。また、本発明の目的は、ノッキング発生時期の実測と予測の各値より内燃機関の燃焼室内におけるEGR量（残留ガス、外部EGR等）を確実に把握することができる内燃機関の燃焼制御装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための第1発明の内燃機関の燃焼制御装置は、内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段と、気筒内圧力を検出する気筒内圧力検出手段と、前記運転状態検出手段、気筒内圧力検出手段の各出力値を用いて内燃機関の断熱圧縮、均一混合気を仮定して未燃ガスの自着火反応過程を解析するノッキング発生時期予測手段と、前記運転状態検出手段、気筒内圧力検出手段の少なくとも一の実測値とノッキング発生時期予測手段からのノッキング発生時期の予測値を比較演算する比較手段と、該比較手段からの出力値を用いて内燃機関を適正運転条件に制御する制御手段とから構成される。

【0016】また、上記目的を達成するための第2発明の内燃機関の燃焼制御装置は、内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段と、該運転状態検出手段の出力

値を基に内燃機関の制御条件を仮定する制御条件仮定手段と、気筒内圧力を検出する気筒内圧力検出手段と、該気筒内圧力検出手段からの出力値を基に気筒内圧力を仮定する気筒内圧力仮定手段と、前記気筒内圧力検出手段の出力値および前記気筒内圧力仮定手段の出力値からトルクを算出するトルク計算手段と、前記運転状態検出手段、制御条件変更手段、気筒内圧力検出手段、気筒内圧力仮定手段の各出力値を用いて内燃機関の断熱圧縮、均一混合気を仮定して未燃ガスの自着火反応過程を解析するノッキング発生時期予測手段と、前記運転状態検出手段、気筒内圧力検出手段からの出力値、ノッキング発生時期予測手段からのノッキング発生時期の予測値、トルク計算手段からの出力値を比較演算する比較手段と、該比較手段からの出力値を用いて高効率用適正条件を割り出し内燃機関を制御する割り出し手段と、該割り出し手段の出力値に従い内燃機関の制御条件を変更する制御手段とから構成される。

【0017】さらに、上記目的を達成するための第3発明の内燃機関の燃焼制御装置は、内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段と、気筒内圧力を検出する気筒内圧力検出手段と、内燃機関のノッキングを検出するノッキング検出手段と、前記運転状態検出手段、気筒内圧力検出手段の各出力値を用いて内燃機関の断熱圧縮、均一混合気を仮定して未燃ガスの自着火反応過程を解析するノッキング発生時期予測手段と、前記ノッキング検出手段からのノッキング発生時期の実測値と該ノッキング発生時期予測手段からのノッキング発生時期の予測値を比較演算する比較手段と、前記ノッキング発生時期の実測値と予測値の不一致に基づき仮定のEGR量の修正をノッキング発生時期予測手段に施すEGR量の仮定手段と、前記ノッキング発生時期の実測値と予測値の一致整合に基づきEGR量を算出するEGR量推定手段とから構成されている。

【0018】

【作用効果】上記構成からなる第1発明の内燃機関の燃焼制御装置は、あらゆる運転条件において、種々のエンジン制御の可能性の中から、ノッキングを起こさない運転条件（燃焼期間、点火進角、空燃比、EGR量、圧縮比、過給圧力等）を演算できる。これにより、エンジンの負荷および回転数に対して、常にそのエンジンの適正運転条件付近で運転実施することができる実用的効果を実現する。

【0019】また、第2発明の内燃機関の燃焼制御装置は、前記第1発明の内燃機関の燃焼制御装置と同様の作用効果を実現すると共に、特に最高効率付近で運転でき、かつ下記の従来の不都合を解消するものである。すなわち、従来のマップや簡単な演算式によるエンジン制御手法では、希薄燃焼やEGRを積極的に利用するエンジンに対しては膨大なマップが必要となったり、常時最高効率条件に制御できない等の問題点がある。また、ノッ

クセンサー等による制御は、ノッキングの発生を検知しなければ制御を開始できないため、マップや簡単な演算式によるエンジン制御と組み合わせても、ノッキングを起こさずにより高効率な運転が可能となる制御条件を予測しそれを制御に的確に反映させることはできない。

【0020】さらに、上記構成からなる第3発明の内燃機関の燃焼制御装置は、吸入空気量、空燃比、気筒内圧力、ノッキング発生時期を計測することで、EGR量を推定することができる。これらの計測は、従来のサンプリング弁の使用に比べてはるかに容易である。また、計測に必要な装置も極めて小型であるため、車載も実現可能である。また、第3発明の装置は、EGR量制御装置の一部として用いることも可能である。

【0021】また、上記構成からなる第3発明の内燃機関の燃焼制御装置は、下記の従来の不都合を解消することができる。すなわち、従来のサンプリング弁によるEGR量計測手法は、エンジンのサンプリング弁を取り付ける加工が必要となる。この加工には手間がかかるだけでなく、サンプリング弁にはデッドボリュームがあるため、圧縮比に多大な影響を及ぼすこともある。加えて、最近の多バルブを採用するエンジンには、サンプリング弁を取り付けるためのスペースがないものも極めて多い。

【0022】
【実施例1】以下、第1発明の内燃機関の燃焼制御装置の実施例を説明する。実施例1の内燃機関Eは、図5に示すように、内燃機関Eの運転状態を検出する運転状態検出手段1と、運転状態検出手段1の出力値を用いて内燃機関Eの制御条件を変更する制御条件変更手段2と、気筒内圧力を検出する気筒内圧力検出手段3と、気筒内圧力検出手段3からの出力値によって燃焼に基づく気筒内発熱パターンを変更する発熱パターン変更手段4と、発熱パターン変更手段4から気筒内圧力を再構成する気筒内圧力再構成手段5と、前記運転状態検出手段1、制御条件変更手段2、気筒内圧力検出手段3、気筒内圧力再構成手段5の各出力値を用いて内燃機関Eの断熱圧縮、均一混合気を仮定して未燃ガスの自着火反応過程を解析するノッキング発生時期予測手段7と、前記運転状態検出手段1、気筒内圧力検出手段3の少なくとも一の出力値とノッキング発生時期予測手段7からのノッキング発生時期の予測値を比較演算する比較手段8と、該比較手段8からの出力値を用いて適正運転条件に従い内燃機関Eを適正な制御条件に変更する制御手段9とから構成される。

【0023】上記構成からなる実施例1の内燃機関Eの燃焼制御装置は、ノック発生時期予測につき、回転数、スワール等の吸気流制御装置の有無、残留ガス量に係わらずノック発生時期の予測が可能となる。その際、自着火過程を表現するための反応モデルは、燃料の自着火特性を表現できるものを用いる。また、未燃ガスは、断熱

7

圧縮、温度・組成は均一として扱い、残留ガスは化学的に不活性なものとして扱う。

【0024】すなわち、上記構成からなる実施例1の内燃機関Eの燃焼制御装置は、ノッキング発生時期予測手段7に与える初期温度T₀を、下記の状態方程式(数2)から求める。

【0025】

【数2】

$$T_0 = \frac{P V}{n R}$$

10

【0026】数2中 P:圧力(N/m²)、V:体積(m³)、n:モル数(mol) モル数は燃料+空気+残留ガス(EGR)、R:ガス定数(J/mol·K)、T₀:初期温度(K) 気筒内圧力を検出する気筒内圧力検出手段3からの出力値を記憶する記憶素子に記憶された過去100サイクル分の気筒内圧力(図6(a))からクランク角jにおける平均気筒内圧力P_{ave}(図6(b))を求めるには数3を用いる。

【0027】

【数3】

$$P_{ave}^j = \frac{\sum_{i=1}^N P_i^j}{N}$$

$$P_{new}^j = \frac{P_{ave}^{j-1} \times (V^{j-1})^\gamma}{(V^j)^\gamma} \times \left\{ 1 + \frac{Q_{new}^j \times (\gamma - 1)}{P_{new}^{j-1} \times V^{j-1}} \right\}^*$$

20

【0033】前記仮想気筒内圧力および実測気筒内圧力に対して、前記トルク計算手段6およびノッキング発生時期予測手段7の出力値をグラフ化すると図7に示すようになる(実施例1にあっては図中等トルク線は考慮しないものとする)。図7から、この運転条件では、発熱期間を短縮すること、つまり燃焼を促進して燃焼期間を短縮することで、ノッキングを発生しない領域が広がることが理解できる。燃焼期間を短縮するためには、制御条件変更手段2を作動させスワールやタンブルと呼ばれる渦を気筒内に発生させることができるのである。燃焼期間短縮の判断は、図7に示したノッキング発生の傾向を前記の制御条件変更手段2の制御量を検出する出力値、トルク計算手段6、ノッキング発生時期予測手段3からの出力値を比較演算する比較手段8により行われる。該比較手段8からの出力値は適正運転条件に従い制御手段9を作動させる。

【0034】これにより燃焼期間は短縮されて、ノッキングは全く発生しない。一方、図7の結果をもたらした回転数より1000rpm高い回転数において、前記仮想気筒

* 【0028】数3中 P_i: iサイクルの気筒内圧力、N:総サイクル数

【0029】また、各クランク角における平均気筒内圧力からクランク角1度あたりの平均発熱量Q_{ave}(図6(c))を求めるには数4を用いる。

【0030】

【数4】

$$Q_{ave}^j = \frac{P_{ave}^{j-1} \times V^{j-1}}{\gamma - 1} \times \left\{ \frac{P_{ave}^j \times (V^j)^\gamma}{P_{ave}^{j-1} \times (V^{j-1})^\gamma} - 1 \right\}$$

【0031】数4中、γ:比熱比、v:シリンダ容積さらに、発熱パターンを変形させるためには発熱パターン変形手段4により平均発熱量Q_{ave}(図6(c))を任意に変形して新たな発熱量Q_{new}(図6(d))を作成する。そして、新たな発熱量Q_{new}から仮想の気筒内圧力P_{new}(図6(e))を求めるには数5を用いる。

【0032】

【数5】

20

内圧力および実測気筒内圧力に対して、前記トルク計算手段6およびノッキング発生時期予測手段7の出力値をグラフ化すると図8に示すようになる(ここで図中の等トルク線は考慮しないものとする)。図8から、この運転条件では、発熱期間を短縮してもノッキングの発生しない領域が広がる可能性は無く、前記制御手段9は制御条件変更を指示しないのである。

【0035】

【実施例2】次に、第2発明の内燃機関の燃焼制御装置の実施例を説明する。実施例2の内燃機関E₂の燃焼制御装置は、吸気流制御バルブを用いて燃焼期間を最適に制御しようとするものである。実施例2の内燃機関E₁の燃焼制御装置は、図9に示すように、運転状態検出手段10としての吸気流制御バルブ11の開度を検出するエンコーダ12と、吸気流制御バルブ11の開度を変化させる吸気流制御バルブ11の開度変更アクチュエータ13と、スロットル開度を検出するスロットル開度センサ14と、吸入空気量を検出するエアフローメータ15および吸入空気量演算装置16と、空燃比を検出するた

40

50

めに排気管路中に設置された○2センサ17および空燃比演算装置18と、点火時期を制御する点火時期制御装置19と、エンジン回転数を検出する回転数検出装置20と、各クランク角に対する気筒内容積を記憶したと気筒内容積記憶素子21と、気筒内圧力を検出する圧力センサ22とを有する。

【0036】また、実施例2の装置は、該圧力センサ22からの気筒内圧力の出力値の過去100サイクル分を記憶するための個別気筒内圧力記憶素子23と、該個別気筒内圧力記憶素子23に記憶された気筒内圧力から平均気筒内圧力を演算する平均気筒内圧力演算装置24と、該平均気筒内圧力演算装置24の出力値から燃焼による発熱の時間変化、すなわち発熱パターンを算出する発熱パターン演算装置25と、該発熱パターン演算装置25の出力値を任意に変更する発熱パターン変更演算装置26とを有する。

【0037】さらに、実施例2の装置は、該発熱パターン変更演算装置26からの出力値から仮想の気筒内圧力を演算する仮想気筒内圧力演算装置27と、該仮想気筒内圧力演算装置27の出力値を記憶する仮想気筒内圧力記憶素子28と、検出および仮想の気筒内圧力からトルクを算出するトルク演算装置29と、検出および仮想の気筒内圧力についてノッキングの発生時期を予測するノッキング発生時期演算装置30と、回転数およびスロットル開度に対する残留ガス割合を記憶させた記憶素子31と、前記回転数検出装置20の出力値とスロットル開度センサ14の出力値と前記残留ガス割合記憶素子31から現在の運転条件における残留ガス割合を演算する残留ガス割合演算装置32とを有する。

【0038】また、実施例2の装置は、前記吸気流制御バルブ11の開度を検出するエンコーダ12からの出力値、トルク演算装置29からの出力値、ノッキング発生時期演算装置25からの出力値を比較演算する比較手段33と、該比較手段33からの出力値を用いて高効率用適正条件を割り出し吸気流制御バルブ11の開度を決定する吸気流制御バルブ11の開度決定演算装置34と、該吸気流制御バルブ11の開度決定演算装置34の出力値に従い前記吸気流制御バルブ11の開度を変化させるアクチュエータ13を動作させる制御回路35から成る。

【0039】上記構成からなる実施例2の内燃機関E₁の燃焼制御装置は、ノッキング発生時期演算装置30に与える初期温度T₀を前記の状態方程式(数2)から求める。気筒内圧力を検出する圧力センサ22からの出力値を記憶する記憶素子23に記憶された過去100サイクル分の気筒内圧力(図6(a))からクランク角における平均気筒内圧力P_{ave}(図6(b))を求めるには、数3を用いる。また、各クランク角における平均気筒内圧力からクランク角1度あたりの平均発熱量Q_{ave}(図6(c))を求めるには数4を用いる。さらに、発熱バター

ンを変形させるためには平均発熱量Q_{ave}(図6(c))を任意に変形して新たな発熱量Q_{new}(図6(d))を作成する。そして、新たな発熱量Q_{new}から仮想の気筒内圧力P_{h_{av}}(図6(e))を求めるには数5を用いる。

【0040】前記仮想気筒内圧力および実測気筒内圧力に対して、前記トルク演算装置29およびノッキング発生時期演算装置30の出力値をグラフ化すると図7に示すようになる。図7から、この運転条件では、発熱期間を短縮すること、つまり燃焼を促進して燃焼期間を短縮することで、ノッキングを発生させずにより高いトルクを得ることができる。燃焼期間を短縮するためには、吸気流制御バルブ11を作動させスワールやタンブルと呼ばれる渦を気筒内に発生させることが有効である。燃焼期間短縮の判断は、図7に示したトルクとノッキング発生の傾向を前記の吸気流制御バルブ11の開度を検出するエンコーダ12からの出力値、トルク演算装置29からの出力値、ノッキング発生時期演算装置30からの出力値を比較演算する比較手段33により行われる。

【0041】該比較手段33からの出力値は高効率用適正条件を割り出し吸気流制御バルブ11の開度を決定する吸気流制御バルブ11の開度決定演算装置34に入力され吸気流制御バルブ11の開度が決定され、該吸気流制御バルブ11の開度決定演算装置34の出力値に従い前記吸気流制御バルブ11の開度を変化させるアクチュエータ13を動作させる制御回路35が該アクチュエータ13を作動させる。これにより燃焼期間は短縮されて、ノッキングを起こさずより高いトルクを得ることができる。一方、図7の結果をもたらした回転数より1000rpm高い回転数において、前記仮想気筒内圧力および実測気筒内圧力に対して、前記トルク演算装置29およびノッキング発生時期演算装置30の出力値をグラフ化すると図8に示すようになる。図8から、この運転条件では、発熱期間を短縮してもノッキングを発生させずにより高いトルクを得られる可能性は無く、前記吸気流制御バルブ11の開度決定演算装置34は吸気流制御バルブ11の開度の変更を指示しないこととなる。

【0042】

【実施例3】次に、第2発明の内燃機関の燃焼制御装置の実施例を説明する。実施例3の装置は、吸気バルブに可変バルブタイミング機構を適用し、実圧縮比を最適に制御しようとするものである。実施例3の内燃機関E₂の装置は、図10に示すように運転状態検出手段40としての可変バルブタイミング機構41のバルブタイミングを検出するバルブタイミング検出装置42と、可変バルブタイミング機構41のバルブタイミングを変化させるバルブタイミング変更アクチュエータ43と、スロットル開度を検出するスロットル開度センサ44と、吸入空気量を検出するエアフローメータ45および吸入空気量演算装置46とを有する。

【0043】実施例3の内燃機関E₂の装置は、空燃比

11

を検出するために排気管路中に設置されたO₂センサ48および空燃比演算装置49と、点火時期を制御する点火時期制御装置50と、エンジン回転数を検出する回転数検出装置51と、各クランク角に対する気筒内容積を記憶した気筒内容積記憶素子52と、気筒内圧力を検出する圧力センサ53と、該圧力センサ53からの気筒内圧力の出力値の過去100サイクル分を記憶するための個別気筒内圧力記憶素子54と、該個別気筒内圧力記憶素子54に記憶された気筒内圧力から平均気筒内圧力を演算する平均気筒内圧力演算装置55と、該平均気筒内圧力演算装置55の出力値から燃焼による発熱の時間変化すなわち発熱パターンを算出する発熱パターン演算装置56と、バルブタイミングが変更された場合の吸入空気量の変化を推定する吸入空気量推定演算装置57とを有する。

【0044】また、実施例3の内燃機関E₂の装置は、バルブタイミングが変更された場合の総発熱量の変化を推定する総発熱量推定演算装置58と、該総発熱量推定演算装置58の出力値および発熱パターン演算装置56の出力値からバルブタイミング変更に伴う発熱パターンの変更を推定する発熱パターン変更推定装置59と、バルブタイミングが変更された場合の計算開始クランク角における気筒内圧力を推定する計算開始気筒内圧力推定演算装置60と、該仮想非燃焼時気筒内圧力と前記発熱パターン演算装置56からの出力値から仮想の気筒内圧力を演算する仮想気筒内圧力演算装置61と、該仮想気筒内圧力演算装置61からの出力値を記憶する仮想気筒内圧力記憶素子62と、検出および仮想の気筒内圧力からトルクを算出するトルク演算装置63と、検出および仮想の気筒内圧力についてノッキングの発生時期を予測するノッキング発生時期演算装置64と、回転数およびスロットル開度に対する残留ガス割合を記憶させた記憶素子65とを有する。

【0045】さらに、実施例3の内燃機関E₂の装置は、前記回転数検出装置51の出力値とスロットル開度センサ44の出力値と前記残留ガス割合記憶素子65から現在の運転条件における残留ガス割合を演算する残留ガス割合演算装置66と、前記バルブタイミング検出装置42からの出力値、トルク演算装置63からの出力値、ノッキング発生時期演算装置64からの出力値を比較演算する比較手段67と、該比較手段67からの出力値を用いて高効率用適正条件を割り出しバルブタイミングを決定するバルブタイミング決定演算装置68と、該バルブタイミング決定演算装置68の出力値に従い前記バルブタイミングを変化させるアクチュエータ43を動作させる制御回路69から成る。

【0046】上記構成からなる実施例3の内燃機関E₂の燃焼制御装置は、ノッキング発生時期演算手段64に与える初期温度T₀を、前記の状態方程式(数2)から求める。そして、バルブタイミングの変更による吸入空

50

12

気量の変化は数6より求める。

【0047】

【数6】

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{G R + G A_2 + G F_2}{G R + G A_1 + G F_1}$$

【0048】数6中、V₁：バルブタイミング変更前での吸気バルブ閉時の気筒内容積
V₂：バルブタイミング変更後での吸気バルブ閉時の気筒内容積

G_{A1}：バルブタイミング変更前での吸入空気量
G_{A2}：バルブタイミング変更後での吸入空気量
G_{F1}：バルブタイミング変更前での燃料量
G_{F2}：バルブタイミング変更後での燃料量、GR：残留ガス量

【0049】A/Fを一定として良いため、

【0050】

【数7】

$$\frac{G A_1}{G F_1} = \frac{G A_2}{G F_2} = A/F$$

【0051】数6、数7よりG_{A2}、G_{F2}を求める。
同様にバルブタイミングの変更による総発熱量の変化は数8より求める。

【0052】

【数8】

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{G F_2}{G F_1}$$

【0053】数8中、Q₁：バルブタイミング変更前の総発熱量

Q₂：バルブタイミング変更後の総発熱量

【0054】また、バルブタイミングの変更による計算開始クランク角における気筒内圧力P_{0new}は数9、数10より求める。

【0055】

【数9】

$$P_0 V_{01}^\gamma = P_1 V_1^\gamma$$

【0056】

【数10】

$$P_2 V_1^\gamma = P_0 V_{02}^\gamma$$

【0057】数9、数10中、

P₁：バルブタイミング変更前での計算開始クランク角における気筒内圧力

V₁：バルブタイミング変更前での計算開始クランク角における気筒内容積

V₀₁：バルブタイミング変更前での吸気バルブ閉時の気筒内容積

P_0 : 吸気バルブ閉直前の気筒内圧力

P_z : バルブタイミング変更後での計算開始クランク角における気筒内圧力

V_{z0} : バルブタイミング変更後での吸気バルブ閉時の気筒内容積

【0058】ただし、仮定として計算開始クランク角は一定とし、また、吸気バルブ閉直前の気筒内圧力は一定とする。さらに、上記 P_z は $P0new$ である。そして、気筒内圧力を検出する圧力センサ53からの出力値を記憶する記憶素子54に記憶された過去100サイクル分の気筒内圧力(図6(a))からクランク角 j における平均気筒内圧力 $Pave$ (図6(b))を求めるには前記式(数3)を用いる。また、各クランク角における平均気筒内圧力からクランク角1度あたりの平均発熱量 $Qave$ (図6)*

$$P_{ave}^j = \frac{P_{0new} \times (V^{j-1})^\gamma}{(V^j)^\gamma} \times \left\{ 1 + \frac{Q_{ave}^j \times (\gamma - 1)}{P_{0new} \times (V^{j-1})} \right\}$$

【0062】それ以降は、前記数5を用いる。

【0063】そして、前記仮想気筒内圧力および実測気筒内圧力に対して、前記トルク演算装置63およびノッキング発生時期演算装置64の出力値をグラフ化すると図7に示すようになる。図7から、この運転条件では、ノッキングを発生させずにより高いトルクを得ることができる。バルブタイミング変更の判断は、図11に示したトルクとノッキング発生の傾向を前記のバルブタイミング検出装置42からの出力値、トルク演算装置63からの出力値、ノッキング発生時期演算装置64からの出力値を比較演算する比較手段67により行われる。該比較手段67からの出力値は高効率用適正条件を割り出しバルブタイミングを決定するバルブタイミング決定演算装置68に入力され、該バルブタイミング決定演算装置68の出力値に従い前記バルブタイミングを変化させるアクチュエータ43が作動するのである。

【0064】

【実施例4】次に、第3発明の内燃機関の燃焼制御装置の実施例を説明する。実施例4の装置は、EGRバルブ開度を変化させて、EGR供給量を目標値に制御しようとするものである。実施例4の内燃機関E₁の装置は、図12に示すように、吸入空気量を検出するエアフローメータ70および吸入空気量演算装置71と、空燃比を検出するために排気管路中に設置されたO2センサ72および空燃比演算装置73と、点火時期を制御する点火時期制御装置74と、エンジン回転数を検出する回転数検出装置75と、気筒内圧力を検出する圧力センサ76と、該圧力センサ76からの気筒内圧力の出力値を記憶するための気筒内圧力記憶素子77とを有する。

【0065】また、実施例4の内燃機関E₁の装置は、該気筒内圧力記憶素子77の気筒内圧力データからノッキング発生時期を検出するノッキング発生時期検出装置

* (c) を求めるには前記数4を用いる。ついで、平均発熱量 $Qave$ から、総発熱量が変化した場合の発熱量 $Qnew$ を数1より求める。

【0059】

【数11】

$$Q_{new}^j = \frac{Q_z}{Q_1} Q_{ave}^j$$

【0060】 $P0new$ と発熱量 $Qnew$ から仮想の気筒内圧力 $Pnew$ (図6(e))を求めるには最初のステップのみ数12を用いる。

【0061】

【数12】

78と、前記気筒内圧力記憶素子78の気筒内圧力についてノッキングの発生時期を予測するノッキング発生時期演算装置79と、前記ノッキング発生時期検出装置78からの出力値とノッキング発生時期演算装置79からの出力値を比較する比較演算手段80と、前記ノッキング発生時期検出装置78からの出力値とノッキング発生時期演算装置79からの出力値の不一致に基づき仮定のEGR量の修正を行うEGR量仮定装置81と、推定されたEGR量と目標とするEGR量の不一致に基づきEGRバルブ開度を変更するEGRバルブ開度制御装置82から成る。

【0066】上記構成からなる実施例4の内燃機関E₁の燃焼制御装置は、目標EGR量が体積割合で20%であり、現在のEGRバルブ開度が50%に設定されている。点火時期制御装置74により点火時期を早め、軽いノッキングを発生させる。その時の吸入空気量および空燃比は吸入空気量演算装置71と空燃比演算装置73により演算される。また、気筒内圧力は気筒内圧力記憶素子77に記憶される。そして、ノッキング発生時期演算装置79の計算開始クランク角における気筒内ガス温度は気体の上記状態方程式(数2)により算出する必要がある。その際、気筒内のガス量は空気+燃料+EGRと近似できる。EGR量が不明であるため、推定EGR量を目標値である20%とし、ノッキング発生時期演算装置79でノッキング発生時期を求める、図13に示すように、ノッキング発生時期検出装置78の出力値より遅くなる。

【0067】これは、計算開始クランク角における気筒内ガス温度が低いためで、推定EGR量が実際より多いことを示す。そこで推定EGR量を15%として、再びノッキング発生時期演算装置79でノッキング発生時期を求める、図13に示すようにノッキング発生時期検出装置78の出力値より早くなる。これは、計算開始クランク角における気筒内ガス温度が高いためで、推定EGR量

が実際より少ないと示す。先の演算結果とあわせると実際のEGR量は15%以上20%以下であることが理解できる。そこで、推定EGR量を18%として、再びノッキング発生時期演算装置79でノッキング発生時期を求めると、図13に示すようにノッキング発生時期検出装置78の出力値とよく一致する。すなわち、実際のEGR量は18%と推定できる。これは、目標値である20%より少ないので、EGRバルブをより聞くようにEGRバルブ開度制御装置82で効率良く正確に制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のノッキング発生時期予測手段を示す概要図

【図2】本発明のノッキング発生時期予測様子を示す線図

【図3】本発明のノッキング発生時期の予測結果を示す線図

【図4】本発明のノッキング発生時期のその他の予測結果を示す線図

【図5】実施例1の装置を示す概要図

* 【図6】実施例1の仮想筒内圧力履歴の作成手法を示す線図

【図7】実施例1の発熱バターンを示す線図

【図8】実施例1の発熱期間の変化状況を示す線図

【図9】実施例2の装置を示す概要図

【図10】実施例3の装置を示す概要図

【図11】実施例3における圧縮比変化状況を示す線図

【図12】実施例4の装置を示す概要図

【図13】実施例4におけるEGR量変化状況を示す線図

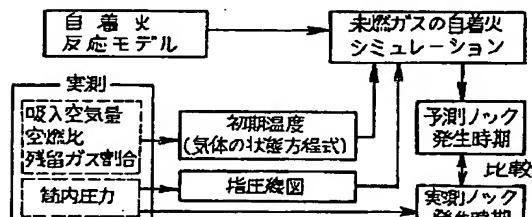
10 図

【符号の説明】

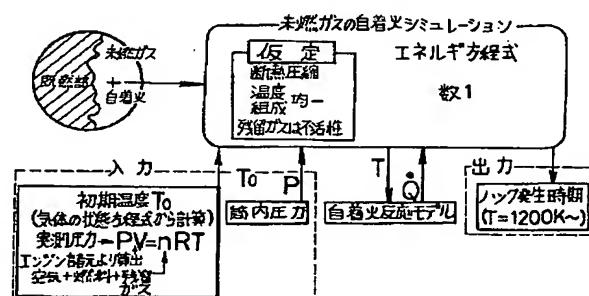
- 1 運転状態検出手段
- 2 制御条件変更手段
- 3 気筒内圧力検出手段
- 4 発熱バターン変更手段
- 6 トルク計算手段
- 7 ノッキング発生予測手段
- 8 比較手段
- 9 制御手段

* 20

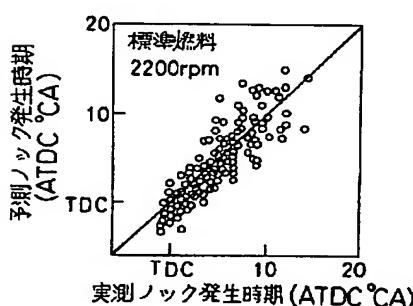
【図1】



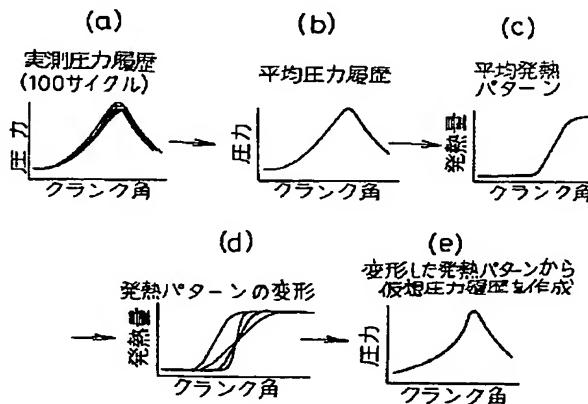
【図2】



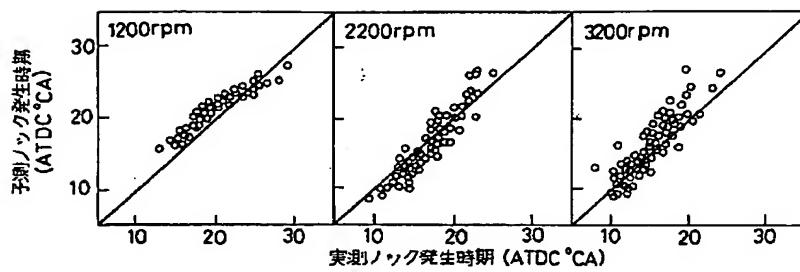
【図3】



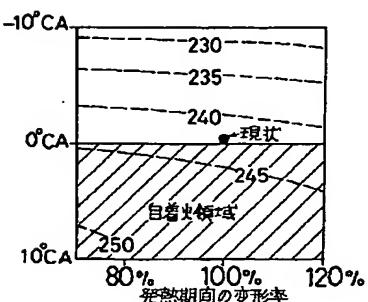
【図6】



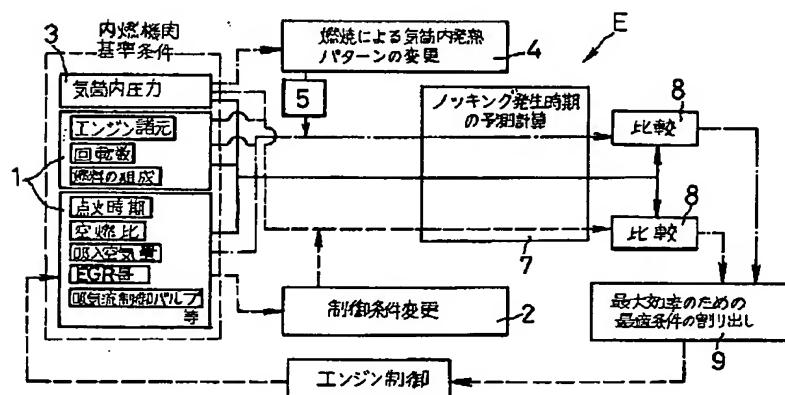
【図4】



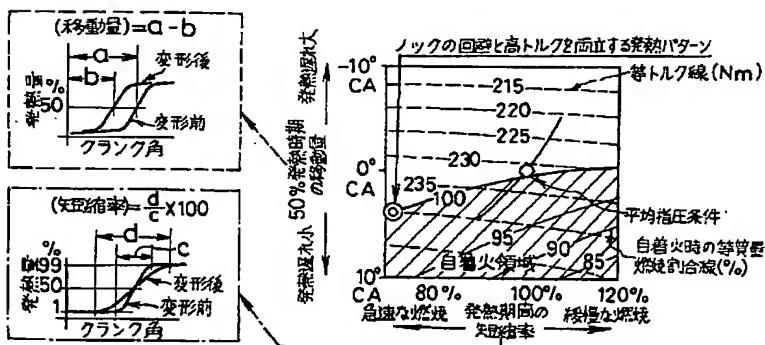
【図8】



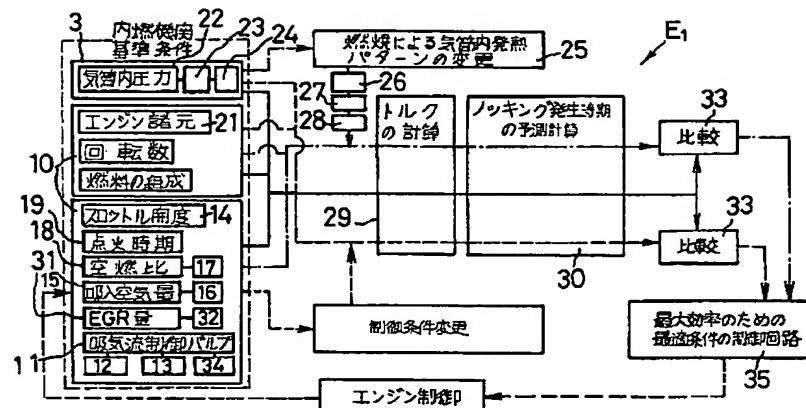
【図5】



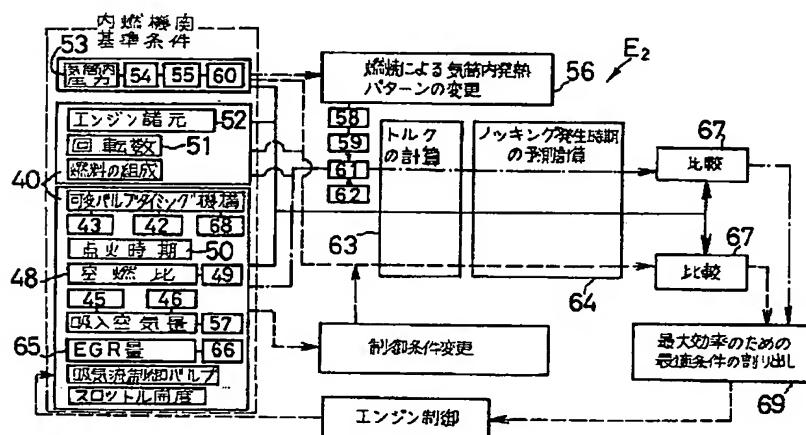
【図7】



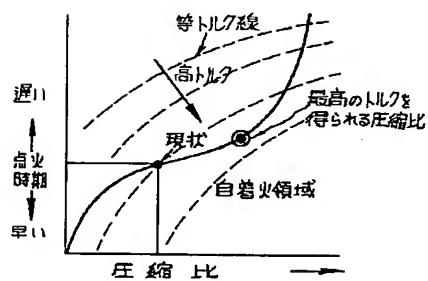
【図9】



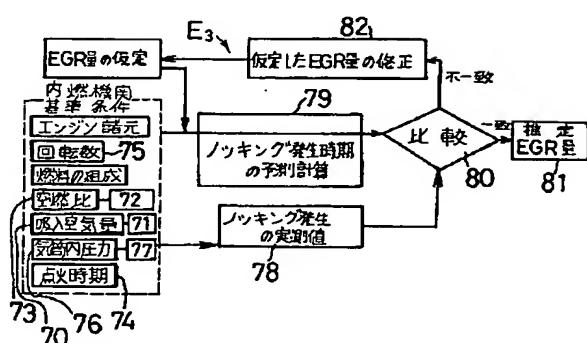
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

